

平成 2 8 年度実施方針

環境部

1. 件 名：（大項目）環境調和型製鉄プロセス技術開発（STEP 2）

2. 根拠法

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構法第十五条第一号ハ

3. 背景及び目的・目標

(1) 背景

我が国の鉄鋼業は、全ての産業部門のCO₂発生量の約39%、国全体の約15%を占める（2010年度）最大のCO₂排出業種であり、その中でも特に排出量の多い高炉法による製鉄プロセスにおいては、地球温暖化対策として抜本的なCO₂排出量の削減が要求されている。

しかしながら、我が国の製鉄技術は既に世界最先端の水準にあり、廃熱や副生ガスの利用による省エネルギーも極限に達しているため、ポスト京都議定書に向け世界規模でのCO₂削減を実現するためには、革新的な製鉄プロセス技術開発が必要とされている。平成19年5月に発表された地球温暖化に関する総理のイニシアティブ「美しい星50（Cool Earth 50）」においても、「省エネなどの技術をいかし、環境保全と経済発展とを両立すること。」が三原則の一つとして提言されており、「革新的技術開発」の一例として本技術開発が位置付けられているところである。

上記のイニシアティブを踏まえて、2008年3月に全世界の温室効果ガス排出量を現状に比べて、2050年までに半減するという地球温暖化防止に関する長期目標の実現に向け、経済産業省にて「Cool Earth - エネルギー革新技術計画」が策定されている。その中において、革新的製鉄プロセスは効率の向上と低炭素化の両面から、CO₂大幅削減を可能とする「重点的に取り組むべきエネルギー革新技術21」の一つとして位置付けられている。

(2) 目的

本事業の目的は、高炉法による一貫製鉄所のCO₂発生量を抜本的に削減し、地球温暖化防止に貢献するため、高炉からのCO₂の発生量を減少させる技術、及び発生したCO₂を分離・回収する技術を開発することである。

具体的には、コークス製造時に発生する高温のコークス炉ガス（COG）に含まれる水素を増幅し、コークスの一部代替に当該水素を用いて鉄鉱石を還元する技術を開発する。また、高炉ガス（BFG）からCO₂を分離するため、製鉄所内の未利用排熱を活用した革新的なCO₂分離回収技術を開発する。これらの技術開発によりCO₂排出量の約3割削減を目標に、低炭素社会を目指す。

これらの技術開発においては、フェーズIステップ1（平成20～24年度（5年間））として要素技術開発を実施した。今後、フェーズIステップ2（平成25～29年度（5年間））において要素技術を組み合わせたパイロットレベルの総合実証試験を行った後、フェーズII（実証規模試験）を経て、最終的に製鉄所における現状の全排出レベルに比較して約30%のCO₂削減を可能にする技術の確立に資する。

(3) 目標

フェーズⅠステップ2においては、CO₂発生量を大幅に削減する、環境に調和した製鉄プロセスの開発として、製鉄所における現状の全排出レベルに比較して総合的に約30%のCO₂削減可能な技術の確立を目指し、各要素技術を統合したパイロットレベルの総合実証試験を行うとともに、実証規模での試験を行うフェーズⅡにつなげていくために必要な以下の項目を目標とする。

【中間目標(平成27年度)】

(a) 高炉からのCO₂排出削減技術開発

- ・ 水素還元の効果을 最大限とするための技術をラボレベルで検討し、実現性、有効性に対するめどを得て具体的な実証試験の計画を立案する。
- ・ 10m³規模試験高炉の建設を完了させる。
- ・ 触媒を用いてCOGに含まれるタールや、炭化水素を水素に改質する技術において、高炉への吹き込みガス用としての改質反応の最適化、改質触媒の活性劣化対策技術の確立を図る。
- ・ メタン改質等の総合的に改質向上に資する要素技術のめどを得る。

(b) 高炉ガス(BFG)からのCO₂分離回収技術開発

- ・ CO₂分離回収コスト2,000円/t-CO₂を実現可能な技術の充実を指向し再生温度、分離回収エネルギーの低減などの技術開発のめどを得る。

【最終目標(平成29年度)】

(a) 高炉からのCO₂排出削減技術開発

- ・ 10m³規模試験高炉により高炉からのCO₂排出量を削減する技術を確立する。

(b) 高炉ガス(BFG)からのCO₂分離回収技術開発

- ・ 高炉ガス(BFG)からのCO₂分離回収コスト2,000円/t-CO₂(「分離回収法開発ロードマップ(CCS2020)」に示された目標)を可能とする技術を確立する。

4. 実施内容及び進捗(達成)状況

NEDO 環境部 谷山 教幸をプロジェクトマネージャーとし、プロジェクトの企画、進行管理等を実施した。

新日鐵住金株式会社製鉄技術部長 上野 浩光氏をプロジェクトリーダーとし、以下の研究開発を実施した。

4. 1 平成27年度(委託)実施内容

(1) 高炉からのCO₂排出削減技術開発

① 鉄鉱石還元への水素活用技術の開発

- ・ 10m³規模試験高炉等による水素還元総合最適化技術開発

還元炉を用いて、試験高炉での基本的な操業条件や原燃料条件などを考慮した条件下での、高炉の溶銑トン当たりの炭素消費量削減効果の定量化と試験水準の決定に資する評価試験を実施した。レースウェイ炉や燃焼基礎試験装置などの燃焼試験装置を用いて、ランス構造が微粉炭燃焼性や温度分布に及ぼす影響を評価し、試験高炉の吹き込み条件、装置条件の検討を行った。さらに、高炉数学モデルを用いて、COG羽口吹き込み、改質COGシャフト吹き込み、炉頂排ガスを脱炭酸・脱水蒸気したガスの再循環吹き込みについて炭素消

費量の削減効果を評価すると共に、試験高炉の試験水準と試験条件の検討を行い、具体的な実証試験計画を立案した。

- ・水素還元に適した原料設計

平成27年度は、還元粉化評価の高度化と粉化抑制のための予熱ガス吹込み方法を検討するとともに、微粉炭燃焼反応の非接触測定技術に関する検討を実施し、微粉炭粒子等の燃焼・ガス化挙動を解明した。また、還元ガス吹込み時の原料還元性向上に取り組み、原料配合条件を提案した。

実施体制：新日鐵住金(株)―(共同実施)名古屋大学、JFEスチール(株)―(共同実施)(一財)電力中央研究所、(株)神戸製鋼所、日新製鋼(株)、新日鐵住金エンジニアリング(株)

② コークス炉ガス(COG)改質技術の開発

平成27年度は、高炉で必要な改質COG生成が可能なことを提示するため、触媒改質プロセスの詳細解析をラボレベルで実施し、触媒が240hr((24hr+再生)×10回)に相当する繰り返し使用に耐えることを実証した。また、平成26年度に引き続き、ベンチプラント2(BP2)の機械・電気各種工事を進め、試運転により所定の仕様に沿って動作が可能なこと確認し、2月末までに完成の予定である。なお、今年度の検討により、触媒等の連続500h耐久性確認は、1系列でも可能と判断したため、BP2での触媒反応装置を2系列化するための第2期工事は中止することとした。

一方、新規の安価触媒がタールの改質に対し高活性を示すこと、実タール中の各種多環芳香族化合物の環数に依存して炭化の挙動が大きく異なること、新規の部分酸化反応触媒でメタン濃度を2%以下に低減出来ることを見出すなど、総合的に改質向上に資する要素技術の目途を得た。

実施体制：新日鐵住金(株)―(共同実施)群馬大学、(共同実施)東北大学、(共同実施)九州大学

③ コークス改良技術開発

- ・改質COG吹込条件下に適したコークス品質の解明

平成27年度は、一般的なコークス炉で対応可能な装入密度(0.73g/cm³)条件下において、充填層内での石炭の均一性を向上させる粒度調整を行うと共にHPCを添加することにより、高い強度を有するコークスを乾留し、反応性を制御した高強度コークスを製造する方法に関し、基本方針を策定した。

- ・試験高炉用コークス品質目標の設定

平成27年度は、高炉数学モデルや試験装置(SIS炉)での検討結果から、試験高炉用コークスの品質目標値及び必要量を水素還元技術開発グループと連携して定めた。目標とする品質としては、配合炭の選択範囲や実機コークス炉での対応を考慮して、熱間反応性指数(CRI)として20程度、ドラム強度(DI^{150/15})として85を超えることに決定した。上記仕様コークスの製造に向けた事前試験検討に着手するとともに、必要な高性能粘結材5tを製造した。また、実機コークス炉によるコークス製造依頼先を絞り、工程の検討に着手した。

実施体制：(株)神戸製鋼所—(共同実施)(独)産業技術総合研究所、(共同実施)京都大学、(共同実施)北海道大学

(2) 高炉ガスからのCO₂分離回収技術開発

① CO₂分離回収技術開発

- ・ 化学吸収法によるCO₂分離エネルギー・コストの削減技術開発

平成27年度は熱量原単位の低減のため、引き続き計算化学手法やシミュレーション手法等を活用して、低反応熱が期待できる非水溶媒の活用、相分離現象等の活用、反応促進する金属錯体触媒の探索を検討し、効果的な知見を得るとともに、材質腐食性等の評価を行った。非水溶媒活用の新吸収液については、小型連続試験装置により Step1 吸収液を再生温度、分離回収エネルギーの面で凌駕する高い性能を確認した。

また、試験高炉との連動試験に備えて、休止していたCAT30設備の一部改造、事前整備及び運転条件検討を実施した。

- ・ 物理吸着法のコスト低減とスケールアップ検証

平成27年度は、平成26年度に検討した2種の新規吸着材を用いて、ASCOA-3にて分離試験を行い、性能検証を行った。この結果を受け、新規材及び従来材について総合評価を行い、最適な吸着材を選定した。

また、ASCOA-3試験で得られたデータをベースにして、実機PSAプロセスの概要設計を行い、概略プロセスフローを決定した。

実施体制：新日鐵住金(株)—(共同実施)(公財)地球環境産業技術研究機構、JFEスチール(株)—(再委託)住友精化(株)、(共同実施)九州大学、(株)神戸製鋼所、日新製鋼(株)

② 未利用排熱活用技術の開発

平成27年度は、熱交換器評価実験装置を用いて、試作したマイクロ熱交換器の熱交換能力を測定し、中低温排ガスから目標量のCO₂回収に必要な顕熱を回収する能力(温度効率)を有することを確認した。また、加圧水型熱回収方式についても評価実験を行い、良好な結果を得た。さらに、熱交換の数値解析および熱交換プレートへのダスト付着実験を実施し、製鉄排ガスへ適用する場合のプレート構造の改善の方向性を見極めた。

製鋼スラグ顕熱回収については、ベンチスケール設備でのスラグ連続凝固実験において2チャージ連続運転を行い、連続運転の課題を抽出し、対策を検討するとともにプロセスシミュレータの精度向上を図った。実機全体プロセスでは、CDQ方式による実機仕様提案および設備費を算出し、一次設計を完了した。

実施体制：新日鐵住金(株)、JFEスチール(株)

(3) 試験高炉によるプロセス評価技術開発

試験高炉の建設及び試験高炉の各設備の試運転を完了させた。

また、試験高炉設備の操作手順書と操炉作業に関わる作業手順書の作成・整備を行った。

なお、2月末までには総合熱間試運転を2回実施し、操炉オペレータの習熟訓練などの試験準備を完了する予定である。

(4) 全体プロセスの評価・検討

平成27年度は、「新規技術創出研究」について10テーマを推進し、6テーマに関してステージゲート審査を行い、適切な進捗を確認している。27年11月に4テーマステアリングを実施し、28年3月には成果報告を実施する。製鉄所全体の物質・エネルギーバランス計算に関しては、羽口吹き込みの生成COGの一部をシャフト吹き込みに転換した効果をCOG改質と高炉炉内トータルで評価し、総合的な改善効果を確認した。又、それも含めた各要素技術の集積の再検討を行い、製鉄所全体での30%達成に向けての複数シナリオの候補を抽出した。又、シェールガスの影響を長期予測に基づき検討し、COURSE50の将来性が損なわれる状況ではない事を確認した。

実施体制：新日鐵住金(株)、JFEスチール(株)ー（共同実施）九州大学、(株)神戸製鋼所、日新製鋼(株)、新日鐵住金エンジニアリング(株)

「新規技術創出研究」：委託先全5社と以下との共同実施

東京工業大学、東北大学、九州大学、大阪大学、京都大学、秋田大学、北海道大学、東京大学

(5) 外部評価結果

平成27年11月16日に中間評価分科会を開催し、中間目標を達成しているとして、優良評価を得た。

そのため、本事業の契約を平成29年度まで延長する予定である。

4. 2 実績推移

	H25年度	H26年度	H27年度
実績額 （百万円） 需給勘定	2,730	5,080	4,780
特許出願件数 （件）	5	12	2
査読有り論文発表数 （報）	12	1	9
査読無論文発表数 （報）	2	0	0
その他外部発表 （件）	28	16	30

5. 事業内容

NEDO 環境部 谷山 教幸をプロジェクトマネージャーとし、プロジェクトの企画、進行管理等を実施する。

新日鐵住金株式会社製銑技術部長 上野 浩光氏をプロジェクトリーダーとし、以下の研究開発を実施する。実施体制については、別紙を参照のこと。

5. 1 平成28年度（委託）実施内容

(1) 高炉からのCO₂排出削減技術開発

① 鉄鉱石還元への水素活用技術の開発

- ・ 10m³規模試験高炉等による水素還元総合最適化技術開発

還元炉を用いて、試験高炉で得られた試験結果の検証試験を実施すると

もに、レースウェイ炉や燃焼基礎試験装置などの燃焼試験装置を用いて、試験高炉の試験結果を受けた吹込み条件の最適化を検討する。

また、高炉数学モデルによる試験高炉の操業データ解析を実施する。

- 水素還元に適した原料設計

熱間還元粉化試験装置を用いての実炉予測及び予熱ガス吹込みによる還元粉化防止効果を検討する。非接触計測法を試験高炉に適用してデータ取得を行う。炉壁近傍に流れる改質 COG 等の還元特性を最大化する鉍石原料の装入方法について検討する。

実施体制：新日鐵住金(株)―(共同実施)名古屋大学、J F E スチール(株)―(共同実施) (一財)電力中央研究所、(株)神戸製鋼所、日新製鋼(株)、新日鐵住金エンジニアリング(株)

② コークス炉ガス (COG) 改質技術の開発

ベンチプラント 2 (BP2) により、触媒改質性能及び部分酸化改質性能の個別確認、触媒改質と部分酸化改質の連動運転による改質性能の確認と最適な組み合わせの検討を行い、平成 29 年度に実証する「水素増幅率 \geq 2 倍、耐久性 \geq 500hr」に向けた試験条件を決定する。

また、新規触媒反応器の検討及び炭化を抜本的に抑制する触媒改質条件の検討も進める。

実施体制：新日鐵住金(株)―(共同実施)群馬大学、(共同実施)東北大学、(共同実施)九州大学

③ コークス改良技術開発

- 改質 COG 吹込条件下に適したコークス品質の解明

試験乾留炉による実績を元に、高強度で反応性を制御できるコークス製造配合を提案する。

また、種々の特性を有するコークスバスケットサンプルを試験高炉に投入し、改質 COG 吹き込み条件下でのコークスの反応挙動や組織の損耗状況を調査する。

- 試験高炉用コークスの製造

試験高炉用コークスの製造に必要な添加材を継続して製造する。

また、試験高炉用コークスとして設定した仕様のコークスを実機コークス炉で製造する為の製造条件を具体化し、実機コークス炉を用いて製造してその品質を確認する。

実施体制：(株)神戸製鋼所―(共同実施) (独)産業技術総合研究所、(共同実施) 京都大学、(共同実施) 北海道大学

(2) 高炉ガスからの CO₂ 分離回収技術開発

① CO₂ 分離回収技術開発

- 化学吸収法による CO₂ 分離エネルギー・コストの削減技術開発

平成 27 年度の検討進捗、特に混合溶媒での溶媒設計や 2 相系溶媒の知見を加速していく観点で計算化学手法やシミュレーション手法をツールと

して材料の開発、吸収液との組み合わせ等を活用して高性能な新吸収液の開発、最適化等を実施する。さらに、開発吸収液の材質腐食性等を評価し、実用化に必要な対策を検討するとともに、平成27年度に引き続き、見出した新吸収液について、小型連続試験装置（CAT-LAB）等を用いてラボレベルでの性能評価を行う。

また、試験高炉とCAT30の連動試験を実施して試験高炉に対する化学吸収によるCO₂分離回収技術の適用性を評価するとともに、試験高炉における水素還元効果確認を支援する。

- ・ 物理吸着法のコスト低減とスケールアップ検証

平成27年度に選定した吸着剤を用いて、ASCOA-3にてPSAシステムの性能確認試験を行い、最も低いコストの分離条件を明示する。

平成27年度に実施した概要設計及びASCOA-3試験で得られたデータをベースとして実機PSAの詳細設計を行う。また、詳細設計を行ったプラントデザインをベースに、CO₂回収コストを検証する。

実施体制：新日鐵住金(株)―（共同実施）（公財）地球環境産業技術研究機構、JFEスチール(株)―（再委託）住友精化(株)、（共同実施）九州大学、(株)神戸製鋼所、日新製鋼(株)

- ② 未利用排熱活用技術の開発

マイクロ熱交換器の詳細仕様の検討を進めていくとともに、製鉄所の実排ガスを用いた実機実験を実施し、長期的な熱交換能力の推移や耐久性、対変動応答性の評価を行う。製鋼スラグ顕熱回収については、ベンチスケール設備でのスラグ連続凝固実験において運転習熟を図り、実機全体プロセスでは、設備費の低廉化を目的として、焼結クーラー方式等での熱回収率のシミュレータによる試算、設備仕様提案及び設備費を算出する。

実施体制：新日鐵住金(株)、JFEスチール(株)

- (3) 試験高炉によるプロセス評価技術開発

平成28年度は、平成27年度に建設した試験高炉を用いた試験操業を行い、送風操作（水素等各種還元ガス吹き込み方法）等、水素還元の効果を検証し、総合プロセス評価に必要な操業データを獲得する。また、試験操業後の設備補修又は改良を施し、スケールアップのための設備関連データを採取する。

実施体制：新日鐵住金(株)、JFEスチール(株)、(株)神戸製鋼所、日新製鋼(株)、新日鐵住金エンジニアリング(株)

- (4) 全体プロセスの評価・検討

試験高炉のキャンペーンでの結果をタイムリーに反映し、得られた結果による製鉄所全体への影響を評価する。その知見に基づき、代表的な国内製鉄所をモデルとし、製鉄所からのCO₂排出量30%削減を可能にするための総合的な評価、検討を行い、フェーズ2移行に向けた全体プロセスの具備条件を抽出す

る。

また、各サブテーマを統括し、プロジェクト全体の視点から試験高炉の操業体制、操業条件を総合的に評価する。また、エネルギー問題、CO₂削減等に関する調査研究を実施する。水素還元高炉のCO₂削減効果の強化・高機能化として、平成27年度に引き続き「新規技術創出研究」を推進する。

実施体制：新日鐵住金(株)、JFEスチール(株)ー（共同実施）九州大学、(株)神戸製鋼所、日新製鋼(株)、新日鐵住金エンジニアリング(株)

「新規技術創出研究」：委託先全5社と以下との共同実施

東京工業大学、東北大学、九州大学、大阪大学、京都大学、秋田大学、北海道大学、東京大学、岡山県立大学、岐阜大学

5. 2 平成28年度事業規模

エネルギー対策特別会計（需給） 2, 100百万円

事業規模については、変動があり得る。

6. その他重要事項

6. 1 運営・管理

本事業については、技術検討委員会を設置し、研究項目、研究開発計画、研究課題の精査、経済的な評価と目標設定、マネジメント手法等に対し、外部有識者の意見を適切に反映し、着実な運営を図る。

6. 2 複数年度契約の実施

平成25～29年度の複数年度契約を行う。

6. 3 知財マネジメントにかかる運用

「NEDO プロジェクトにおける知財マネジメント基本方針」に従ってプロジェクトを実施する。

7. スケジュール（予定）

(1) 本年度のスケジュール： 平成28年5月下旬 成果報告書受理

8. 実施方針の改訂履歴

(1) 平成28年2月、制定。

(別紙)

「環境調和型製鉄プロセス技術開発（STEP 2）」

実施体制

